

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 43 24 010 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 43 24 010.0
㉑ Anmeldetag: 17. 7. 93
㉒ Offenlegungstag: 19. 1. 95

㉓ Int. Cl.⁶:
B 60 K 41/28
B 60 K 41/00
B 60 K 26/00
B 60 K 6/02
B 60 L 11/00

DE 43 24 010 A 1

㉗ Anmelder:
Mercedes-Benz Aktiengesellschaft, 70327 Stuttgart,
DE

㉘ Erfinder:
Boll, Wolf, Dr.-Ing., 71384 Weinstadt, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉙ Verfahren zur Steuerung der Drehmomentabgabe eines ein Fahrzeug antreibenden Hybridantriebes

㉚ Es wird ein Verfahren zur Steuerung der Drehmomentabgabe eines aus einem Verbrennungsmotor und einem Elektromotor bestehenden, ein Fahrzeug antreibenden Hybridantriebes beschrieben, bei welchem das Fahrzeug entweder über den Verbrennungsmotor oder über den Elektromotor oder über den Verbrennungsmotor und dem Elektromotor zusammen angetrieben wird.

Zur Verbesserung des Fahrkomforts wird vorgeschlagen, in denjenigen Betriebsbereichen, in denen der Elektromotor am Antrieb des Fahrzeugs beteiligt ist, den Hybridantrieb im wesentlichen entsprechend der Charakteristik eines Verbrennungsmotors zur steuern.

DE 43 24 010 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung der Drehmomentabgabe eines aus einem Verbrennungsmotor und einem Elektromotor bestehenden, ein Fahrzeug antreibenden Hybridantriebes gemäß Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Aus der DE-PS 29 43 554 ist ein aus Verbrennungsmotor und Elektromotor bestehender Hybridantrieb bekannt, welcher ein Fahrzeug je nach Bedarf entweder über den Verbrennungsmotor oder über den Elektromotor oder über beide Motoren zusammen antreibt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der im Oberbegriff des Hauptanspruches beschriebenen Art aufzuzeigen, mit welchem eine Verbesserung des Fahrkomforts und eine Verminderung der Kraftstoffverbrauchs erreichbar ist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des kennzeichnenden Teiles des Hauptanspruches gelöst.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren wird erreicht, daß sich insbesondere dann, wenn das Fahrzeug ausschließlich über den Elektromotor angetrieben wird, aber auch dann, wenn der Elektromotor am Antrieb nur beteiligt ist, das Fahrverhalten im Vergleich zum konventionellen Antrieb über ausschließlich einen Verbrennungsmotor für den Fahrer nicht spürbar verändert. Dies gilt insbesondere für den Schiebetrieb des Fahrzeuges, also in dem Bereich, in welchem ohne oder nur mit geringer Lastvorgabe gefahren wird. Hier nimmt der Elektromotor eines konventionell gesteuerten Hybridantriebes nahezu kein Bremsmoment auf, auch nicht bei hohen Drehzahlen, was durch entsprechend häufigeres und stärkeres Betätigen der Betriebsbremse ausgeglichen werden muß. Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hingegen wird im wesentlichen immer ein Brems- und Antriebsmomentenverlauf erzeugt, wie er charakteristisch ist bei einem Fahrzeug, welches ausschließlich über einen Verbrennungsmotor angetrieben wird. So muß der Fahrer z. B. bei einer Bergabfahrt beim Betätigen der Betriebsbremse nicht unterscheiden, ob das Fahrzeug momentan ausschließlich über den Verbrennungsmotor oder über den Elektromotor oder über beide Motoren zusammen angetrieben wird. In allen Fällen verspürt er mit steigender Drehzahl ein ansteigendes Bremsmoment. Der Fahrer muß sich also bei einem Wechsel der Betriebsart nicht an ein gänzlich anderes Antriebsverhalten gewöhnen, sondern nur das unterschiedliche Leistungsvermögen der Motoren berücksichtigen. Ein Ausnahme hiervon bildet der niederste Drehzahlbereich, in welchem der Elektromotor sein maximales Moment erzeugt, was für eine gute Beschleunigung des Fahrzeuges geradezu erwünscht ist, und zwar auch dann, wenn der Elektromotor am Antrieb nur beteiligt ist. Auch muß im Elektrobetrieb im Stillstand des Fahrzeuges der Elektromotor nicht, wie der Verbrennungsmotor, mit einer Leerlaufdrehzahl betrieben werden, wodurch Energie und indirekt damit auch Kraftstoff eingespart werden kann.

Die Ausgestaltung gemäß Anspruch 3 hat den Vorteil, daß, ohne daß der Fahrer etwas davon merkt, der den Elektromotor versorgende Energiespeicher im normalen Fahrbetrieb aufgeladen werden kann, wobei mit der Weiterbildung gemäß Anspruch 4 gewährleistet ist, daß in dem Falle, daß der Energiespeicher — z. B. nach einer längeren Fahrt ausschließlich im Elektrobetrieb — stark entladen ist, dieser schnellstmöglich wieder aufgeladen werden kann, dann jedoch, wenn der Energiespeicher

nur geringfügig entladen ist, die Nachladung mit einem bestmöglichen Wirkungsgrad erfolgen kann. Mit der Ausgestaltung gemäß Anspruch 5 steht jedoch immer, falls dies für den Beschleunigungsfall erforderlich sein sollte, das Antriebsmoment von beiden Motoren des Hybridantriebes zur Verfügung.

Mit der Ausgestaltung nach Anspruch 6 wird dann, wenn die Länge der Restfahrstrecke bis zum Erreichen einer externen, stationären Energiequelle ungefähr bekannt ist, das Fahrzeug im überwiegenden Maß über den Elektromotor angetrieben, so daß die Nachladung des Energiespeichers über die stationäre Energiequelle erfolgen kann. Darüber hinaus können so die Intervalle, in denen der Kraftstofftank des Fahrzeuges nachgefüllt werden muß, vergrößert werden.

In der Zeichnung ist das erfindungsgemäße Verfahren anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Im einzelnen zeigt

Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel einer Vorrichtung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einer Prinzipdarstellung,

Fig. 2 die Funktionsweise der in Fig. 1 mit 14 bezeichneten elektronischen Steuereinheit,

Fig. 3a ein Kennfeld $M = f(\alpha)$ für den Fall, daß das Fahrzeug durch beide Motoren angetrieben wird,

Fig. 3b ein Kennfeld $M = f(\alpha)$ für den Fall, daß das Fahrzeug ausschließlich über den Elektromotor angetrieben wird,

Fig. 3c ein Kennfeld $M = f(\alpha)$ für den Fall, daß das Fahrzeug im Sondermodus 1 (SM1) betrieben wird und

Fig. 3d ein Kennfeld $M = f(\alpha)$ für den Fall, daß das Fahrzeug im Sondermodus 2 (SM2) betrieben wird.

Fig. 1 zeigt in einer Prinzipdarstellung einen Hybridantrieb für ein Kraftfahrzeug, welcher besteht aus einem Dieselmotor 1, dessen Kurbelwelle über eine elektrisch schaltbare Trennkupplung 2 mit der Eingangswelle eines Elektromotors 3 (Asynchronmaschine) gekoppelt ist. Die Ausgangswelle 6 des Elektromotors 3 wirkt auf den wahlweise überbrückbaren Drehmomentwandler 4 eines Automatikgetriebes 5, dessen Ausgangswelle 7 wiederum über ein in der Zeichnung nicht explizit dargestelltes Verteilergetriebe auf die Antriebsräder 8 des Fahrzeuges wirkt. Die Kraftstoffversorgung des Dieselmotors 1 erfolgt über eine konventionelle Kraftstoffeinspritzpumpe 9. Die Kraftstoffeinspritzmenge bestimmt sich hierbei nach der Stellung der in der Zeichnung ebenfalls nicht sichtbaren Regelstange, deren Stellung wiederum abhängt von der aktuellen Drehzahl n des Dieselmotors 1 sowie von der momentanen Auslenkung des Verstellhebels 10. Der Antrieb des Elektromotors 3 erfolgt über einen elektrischen Energiespeicher 11 und einen zwischengeschalteten elektronischen Stromrichter 70, welcher je nach Ansteuerung entweder im Falle einer Entnahme elektrischer Energie aus dem elektrischen Energiespeicher 11 (Pfeile 40) Gleichstrom in Wechselstrom wandelt oder im Falle einer Einspeisung von elektrischer Energie in den elektrischen Energiespeicher (Pfeile 41) Wechselstrom in Gleichstrom wandelt. Der Verstellhebel 10 der Einspritzpumpe 9 wird betätigt über einen elektrisch betriebenen Stellmotor 12, welcher über die Steuerleitung 13 von einer elektronischen Steuereinheit 14 angesteuert wird. Über die elektronische Steuereinheit 14 werden darüber hinaus die Trennkupplung 2 zwischen Dieselmotor 1 und Elektromotor 3 über die Steuerleitung 15 sowie der Stromrichter 70 über die Steuerleitung 18 angesteuert. Der Steuereinheit 14 werden des weiteren über die Meßwertleitung 71 ein dem aktuellen Ladezustand des elek-

trischen Energiespeichers 11 entsprechendes Signal (ermittelt über Batteriecontroller 72 (Ladebilanzrechnung)), über den Sensor 19 und die Meßwertleitung 20 ein der aktuellen Drehzahl n_E Ausgangswelle 6 des Elektromotors 3, welche bei geschlossener Kupplung 2 gleich der Kurbelwellendrehzahl n des Dieselmotors 1 ist, entsprechendes Signal und über den Sensor 21 und die Meßwertleitung 22 ein der aktuellen Lastvorgabe durch den Fahrer (Auslenkung α des Fahrpedals 23) entsprechendes Signal zugeführt. Über die Leitung 24 wird der elektronischen Steuereinheit 14 die Schaltstellung eines manuell betätigbaren Schalters S1 zugeführt, über welchen der Fahrer auswählen kann, ob das Fahrzeug ausschließlich über den Elektromotor 3 (Schaltstellung E) angetrieben werden oder ob auch Hybridbetrieb bzw. ein Antrieb über den Dieselmotor 1 ausschließlich (Schaltstellung H/V) zugelassen sein soll. Über den Schalter S2 kann der Fahrer unter den drei Modi N, SM1 oder SM2 auswählen, in denen das Fahrzeug in dem Fall, daß der Schalter S1 sich in seiner Stellung H/V befindet, angetrieben werden soll. Das Signal des Schalters S2 wird der elektronischen Steuereinheit 14 über die Leitung 25 übermittelt. Für den Sondermodus SM2 ist eine weiter vom Fahrer zu betätigende Schaltvorrichtung S3 vorgesehen, über welche er eine noch zu erwartende Restfahrstrecke RF eingeben kann, die als entsprechendes elektrisches Signal über die Leitung 26 ebenfalls an die elektronische Steuereinheit 14 übermittelt wird. Der Betrieb des Fahrzeuges im Sondermodus SM2 wird an späterer Stelle näher erläutert.

In der Fig. 2 ist die Funktionsweise der elektronischen Steuereinheit 14 näher erläutert. Nach Einschalten der Zündung werden über den Eingabeblock 27 die aktuellen Werte für die Lastvorgabe (Fahrpedalauslenkung α) und die Drehzahl n_E des Elektromotors (Läuferdrehzahl) eingelesen. Über den folgenden Block 28 wird die Stellung des vom Fahrer zu betätigenden Schalters S1 abgefragt. Steht dieser auf H/V (H steht für Hybrid und V für Verbrennungsmotor), so ist vorgegeben, daß das Fahrzeug sowohl über Verbrennungsmotor 1 und Elektromotor 3 als auch über den Verbrennungsmotor 1 alleine angetrieben werden kann. Damit in diesem Fall der Verbrennungsmotor 1 immer am Antrieb beteiligt sein kann, erfolgt über den Block 29 die Ausgabe eines Signals, durch welches die Trennkupplung 2 geschlossen wird, d. h. das Drehmoment des Dieselmotors 1 wird auf den Antriebsstrang des Fahrzeuges und damit auf die Antriebsräder 8 übertragen. Im folgenden Verzweigungsblock 30 wird die Stellung des vom Fahrer zu betätigenden Schalters S2 abgefragt. Steht dieser in der Stellung N (Normal), soll der Hybridantrieb gemäß dem Kennfeld A, welches in der Fig. 3a dargestellt ist und im folgenden näher erläutert wird, angesteuert werden.

Kennfeld A (S1 = H/V und S2 = N)

Dieses Kennfeld A zeigt den qualitativen Zusammenhang zwischen der momentanen Lastvorgabe durch den Fahrer (Fahrpedalauslenkung α) und dem an der Ausgangswelle 6 des Elektromotors 3 und damit indirekt auf die Antriebsräder 8 wirkenden Drehmomentes M bei unterschiedlichen Drehzahlen n_E . Hierbei ist ein das Fahrzeug antreibendes Moment (Antriebsmoment $M+$) im positiven Teil der Ordinate und ein das Fahrzeug abbremsendes Moment (Bremsmoment $M-$) im negativen Bereich der Ordinate aufgetragen. Bis hin zu einem Grenzwert α_g wird das Fahrzeug ausschließlich über den Verbrennungsmotor 1 angetrieben. Die Kupp-

lung 2 ist hier also geschlossen, so daß das Drehmoment des Verbrennungsmotors 1 auf die Antriebsräder 8 weitergeleitet wird. Der Elektromotor 3, d. h. sein Läufer dreht in diesem Fall frei mit. Das Diagramm A zeigt, daß die Kurven höherer Drehzahlen in Richtung kleinerer Momente verschoben sind. Mit anderen Worten heißt dies, daß in Bereichen geringer Lastvorgaben das vom Dieselmotor 1 auf die Antriebsräder 8 wirkende Bremsmoment um so größer ist, je größer auch die Drehzahl n des Dieselmotors 1 ist. Ebenso ist es auch charakteristisch für einen Verbrennungsmotor 1, daß in Bereichen großer Lastvorgabe (große Fahrpedalauslenkungen α) das abgegebene Drehmoment in Richtung größerer Drehzahlen wieder abnimmt. Die Kennlinie ($n=1000$ 1/min) stellt den Leerlaufbereich dar und bildet insofern eine Ausnahme der zuvor beschriebenen Charakteristik, als daß in dem Falle, in dem keine oder nur eine minimale Fahrpedalauslenkung vorliegt, ein Motorstillstand nur dadurch zu verhindern ist, daß der Motor ein Mindestantriebsmoment zur Überwindung der inneren Reibung abgibt. Das hierdurch auf die Antriebsräder 8 abgegebene Moment ist jedoch vernachlässigbar. Ebenso erreicht ein Verbrennungsmotor sein maximales Drehmoment erst in einem mittleren Drehzahlbereich, so daß die Kennlinie 30 auch in Bereichen hoher Lastvorgaben weit unterhalb der Kennlinien 31 und 32 bei mittleren und hohen Drehzahlen verläuft. Die Steuerung sieht nun vor, unterhalb des Grenzwertes α_g das Fahrzeug ausschließlich über den Verbrennungsmotor 1 anzutreiben. Im mittleren und hohen Drehzahlbereich verläuft das auf die Antriebsräder wirkende Moment bis zu diesem Grenzwert entsprechend der Kennlinien 31 bzw. 32 bzw. je nach Drehzahl gemäß einer Kennlinie, die zwischen diesen beiden Kennlinien 31 und 32 liegt. Oberhalb dieses Grenzwertes α_g würde bei ausschließlichem Antrieb über den Verbrennungsmotor 1 das Antriebsmoment an den Antriebsrädern 8 gemäß der gepunkteten Fortführung der beiden Kennlinien 31 und 32 verlaufen. Um hier zum Beschleunigen ein erhöhtes Drehmoment zur Verfügung zu haben, ist vorgesehen, oberhalb des Grenzwertes α_g für die Lastvorgabe den Elektromotor 3 zuzuschalten und zwar derart, daß das zusätzliche vom Elektromotor 3 bereitgestellte Moment ausgehend von 0% bei dem Grenzwert α_g bis hin zu 100% bei maximaler Lastvorgabe α_{max} des vom Elektromotor 3 bei der momentanen Drehzahl maximal abgebbaren Momentes linear ansteigt. Dieses Hilfsmoment soll den Beschleunigungsverlust durch das relativ hohe Gewicht des elektrischen Energiespeichers 11 und des Elektromotors 3 ausgleichen. Der Antrieb gemäß Kennfeld A ist auch zweckmäßig, wenn das Fahrzeug z. B. außerhalb von Ballungszentren bewegt wird, wo also der Dieselmotor 1 über größere Fahrstrecken hinweg keine oder nur geringste Laständerungen erfährt. Hier kann der Verbrennungsmotor 1 im Bereich seines besten Wirkungsgrades betrieben werden. Für kurzfristige Maximallastanforderungen ist dann der Elektromotor 3 zuständig, welcher bei Bedarf das zusätzliche Moment z. B. für Überholvorgänge bereitstellt, wobei durch die lineare Erhöhung des zusätzlichen Elektromotorenmomentes mit steigender Lastvorgabe erreicht wird, daß sich der gesamte Hybridantrieb in diesem Bereich im wesentlichen verhält wie ein Verbrennungsmotor mit stärkerer Leistung. Der Dieselmotor 1 bleibt jedoch auch in diesen Lastbereichen immer im Bereich seines maximalen Wirkungsgrades.

Wird das Fahrzeug jedoch in Gegenden bewegt, in denen häufig mit Änderungen in der Lastvorgabe (häu-

figer Instationärbetrieb) zu rechnen ist, z. B. in Stadtgebieten, so kann der Fahrer über den Schalter S1 auf reinen Elektrobetrieb E umstellen. Ist dies der Fall (Verzweigungsblock 28 in Fig. 2), so wird über den Ausgabeblock 33 ein Ausrücken der Trennkupplung 2 veranlaßt, und der Dieselmotor 1 abgeschaltet. In diesem Fall wird der Elektromotor 3 gemäß dem in Fig. 3b dargestellten und nachfolgend näher beschriebenen Kennfeld B gesteuert (die Ansteuerung des Elektromotors 3 erfolgt über den Ausgabeblock 34). Die Energieversorgung erfolgt über den elektrischen Energiespeicher 11 (s. Pfeil 40, Fig. 1).

Kennfeld B ($S1 = E$)

Wie bei dem Kennfeld A zeigt auch das Diagramm B den Zusammenhang zwischen der momentanen Lastvorgabe (Fahrpedalauslenkung α) und dem auf die Antriebsräder 8 wirkenden Drehmoment M bei unterschiedlichen Drehzahlen n_E , wobei im positiven Bereich der Ordinate das das Fahrzeug antreibende Moment $M+$ (Antriebsmoment) und negativen Bereich das das Fahrzeug abbremstende Moment $M-$ (Bremsmoment) aufgetragen ist. Es ist zu sehen, daß die Charakteristik der Kennlinien 35 bis 37 ab dem mittleren (ab ca. 2500 1/min) bis in den hohen Drehzahlbereich im wesentlichen derjenigen des Dieselmotors 1 (s. Fig. 3a) entspricht. Dies gilt besonders für den Bereich des Bremsmomentes. Wie beim Dieselmotor 1 steigt auch hier in den Bereichen geringer Lastvorgaben das Bremsmoment ($M-$) mit der Höhe der Drehzahl n_E an. Ein Bremsmoment über den Elektromotor 3 wird durch Umschalten des Elektromotors 3 auf Generatorbetrieb erzeugt, wobei die Drehmomentenaufnahme durch den im Generatorbereich laufenden Elektromotor 3 durch entsprechendes Ansteuern des Stromrichters 70 eingestellt wird. Eine Ausnahme von dem für eine Brennkraftmaschine 1 charakteristischen Kennfeldverlauf bildet der Bereich niederer Drehzahlen n_E , insbesondere dann, wenn sich das Fahrzeug im Stillstand ($n_E = 0$ 1/min) befindet. In diesen Bereichen ist es für eine Brennkraftmaschine 1 charakteristisch, daß das abgegebene Drehmoment verhältnismäßig gering ist, wozu bei einem konventionellen Antrieb über ausschließlich einen Verbrennungsmotor auch eine Anfahrkupplung oder ggf. ein Drehmomentwandler unumgänglich ist. Im Gegensatz hierzu kann hier jedoch der Elektromotor 3 gerade bei niedersten Drehzahlen sein größtes Drehmoment liefern. Genau dies ist für eine zügige Beschleunigung des Fahrzeuges aus dem Stillstand heraus geradezu erwünscht; dies auch deshalb, weil die Nennleistung des Elektromotors 3 wesentlich kleiner sein kann als die des Verbrennungsmotors und somit zumindest bei der Anfahrbeschleunigung ein ähnlicher Fahreindruck (sowie Steigleistung) entsteht.

Nach entsprechender Ansteuerung des Elektromotors 3 über den Ausgabeblock 34 (Fig. 2) verzweigt die Steuerung zum Punkt 38 zur erneuten Eingabe der aktuellen Werte für α und n_E .

In der Betriebsart H/V (Hybrid/Verbrennungsmotor) kann der Fahrer neben der zuvor schon beschriebenen Normalbetriebsart N noch zwischen zwei Sonderbetriebsarten SM1 (Sondermodus 1) und SM2 (Sondermodus 2) auswählen. Dies geschieht durch entsprechende Einstellung des Schalters S2 (s. Fig. 1). Ergibt die Anfrage im Block 39 (Fig. 2), daß der Schalter S2 in der Stellung SM1 steht, so erfolgt die Ansteuerung des Hybridantriebes gemäß dem in der Fig. 3c dargestellten und im

folgenden näher beschriebenen Kennfeld C.

Kennfeld C ($S1 = H/V$ und $S2 = SM1$)

In dem Diagramm der Fig. 3c ist der Zusammenhang zwischen dem vom Elektromotor abgegebenen Drehmoment und der Lastvorgabe (Fahrpedalstellung α) aufgezeigt. Im positiven Bereich der Ordinate ist das Antriebsmoment $M+$, welches vom Elektromotor 3 abgegeben wird, aufgetragen. In diesem Bereich wird somit aus dem elektrischen Energiespeicher 11 Energie entnommen (Pfeile 40, Fig. 1) und vom Elektromotor 3 in Antriebsenergie umgewandelt. Im negativen Bereich ist dasjenige Moment $M-$ aufgetragen, welches von der Asynchronmaschine dann aufgenommen wird, wenn diese durch entsprechende Ansteuerung des Stromrichters 70 im Generatorbereich betrieben wird. Im Generatorbetrieb wird die anfallende Bremsenergie wieder in den elektrischen Energiespeicher 11 eingespeist (s. Pfeile 41, Fig. 1). Das Moment ist hier als Relativwert dargestellt, also der momentane Absolutwert des Momentes ist auf das bei der jeweiligen Fahrpedalstellung α maximal mögliche Moment bezogen. Dies gilt sowohl für den positiven (Antriebsbereich) wie auch für den negativen Bereich (Bremsbereich). Die Steuerung des Hybridantriebes sieht nun vor, bis hin zu einem vorgegebenen Grenzwert α_g für die Lastvorgabe den Elektromotor 3 im Generatorbereich zu betreiben und erst oberhalb dieser Grenze α_g wird der Elektromotor 3 zur Abgabe eines zusätzlichen Antriebsmomentes für z. B. eine verbesserte Beschleunigung des Fahrzeuges, wie dies auch während des Betriebes im Normalmodus N (s. Fig. 3a) der Fall ist, eingesetzt. Auch hier steigt das zusätzlich zum Moment des Dieselmotors erbrachte Antriebsmoment des Elektromotors linear an und zwar ausgehend von 0% bei der Grenze α_g bis auf 100% des maximal möglichen Momentes bei maximaler Lastvorgabe α_{max} . Die Größe des vom im Generatorbetrieb laufenden Elektromotors aufgenommenen Bremsmomentes indes ist abhängig von dem jeweiligen Ladezustand des elektrischen Energiespeichers 11. Dabei wird dann, wenn der Energiespeicher 11 maximal entladen ist, vom Generator 3 das maximal mögliche Moment aufgenommen (Kennlinie 42). Ist der Energiespeicher 11 jedoch nur geringfügig entladen, so wird der im Generatorbereich laufende Elektromotor 3 derart angesteuert, daß er nur noch ein entsprechend reduziertes Bremsmoment aufnimmt (Kennlinie 43). Die Lage der Kennlinie im Bereich unterhalb von bestimmt sich also danach, wie stark der elektrische Energiespeicher 11 entladen ist. Dabei entspricht das Verhältnis x_i/x_{max} dem Entladungsfaktor λ_i des elektrischen Energiespeichers 11. Mit wachsendem Entladungsfaktor λ_i steigt damit das für den im Generatorbereich laufenden Elektromotor 3 abgezweigte Drehmoment an. Selbstverständlich läßt die Steuerung in diesem Sondermodus SM2 eine Entladung des Energiespeichers 11 nur bis hin zu einer bestimmten Tiefstgrenze zu. Eine Beeinträchtigung der Lebensdauer des Energiespeichers 11 durch ständige Tiefentladungen und Nachladungen mit einem hohen Ladestrom ist damit nicht gegeben.

Da, wie oben beschrieben, in diesem Sondermodus SM1 bis hin zu einem vorgegebenen Grenzwert α_g für die Lastvorgabe der Elektromotor 3 im Generatorbereich gefahren wird und dem zufolge hier plötzlich nicht mehr das gesamte Drehmoment des Dieselmotors 1 an den Antriebsrädern ankommt, sieht das erfindungsgemäße Verfahren vor, bis hin zu dem Grenzwert α_g die-

ses vom Elektromotor 3 aufgenommene Drehmoment durch ein vom Dieselmotor 1 zusätzlich abgegebenes Drehmoment auszugleichen. Dem an der Einspritzpumpe 9 angeordneten elektrischen Stellmotor 12 wird also von der elektronischen Steuereinheit 14 ein Signal zur Erhöhung der Kraftstoffeinspritzmenge zugeführt, wodurch der Dieselmotor 1 ein höheres Drehmoment abgeben kann. Die Kraftstoffmenge ist dabei so bemessen, daß genau das von dem im Generatorbereich laufenden Elektromotor 3 aufgenommene Drehmoment ausgeglichen wird. Der Fahrer bemerkt also im Beschleunigungs- sowie im Bremsverhalten des Fahrzeuges nicht, welches Drehmoment vom im Generatorbereich betriebenen Elektromotor 3 momentan gerade aufgenommen wird. Für ihn verhält sich das Fahrzeug, auch bei einer Änderung der Lastvorgabe, genauso als ob das Fahrzeug ausschließlich von einer konventionellen Brennkraftmaschine angetrieben werden würde. Dies gilt auch für den Bereich oberhalb des Grenzwertes α_g , in welchem, wie auch schon in der Betriebsart N (Kennfeld A, Fig. 3a), dem Drehmoment des Dieselmotors 1 ein zusätzliches Drehmoment von dem Elektromotor 3 hinzugefügt wird und zwar mit steigender Lastvorgabe linear ansteigend ausgehend von 0% bei α_g bis 100% des bei der momentanen Drehzahl vom Elektromotor 3 maximal zu erbringenden Drehmomentes bei maximaler Lastvorgabe α_{\max} .

Ergibt die Anfrage in Block 39 (Fig. 2), daß vom Fahrer der Sondermodus SM2 erwünscht ist, so verzweigt die Steuerung zu dem Eingabeblock 44. In diesem Sondermodus SM2 sieht die Steuerung vor, im Hybridbetrieb den vom Elektromotor 3 erbrachten Drehmomentanteil maximal zu halten, um eine maximale Entladung des elektrischen Energiespeichers 11 zu erreichen (natürlich nur bis zu der für den Energiespeicher 11 unschädlichen Tiefstgrenze). Diese Betriebsart wird vom Fahrer dann gewählt, wenn er ungefähr weiß, wie groß die Restfahrstrecke RF bis zum Erreichen einer stationären Energiequelle zum Aufladen des Energiespeichers 11 noch ist. Es ist daher vorgesehen, über den Eingabeblock 44 die vom Fahrer über den Schiebeschalter S3 eingegebene Restfahrstrecke RF einzulesen. In Anhängigkeit dieser Restfahrstrecke RF wird der Hybridantrieb bzw. der Elektromotor dann gemäß dem in der Fig. 3d dargestellten Kennfeld D angesteuert. Die Last des Verbrennungsmotors 1 wird über den Stellmotor 12 so gesteuert, daß für den Fahrer wieder der gewohnte Fahreindruck entsteht.

Kennfeld D (S1 = H/V, S2 = SM2, S3 = RF)

Auch in diesem Kennfeld ist auf der Ordinate das vom Elektromotor 3 abgegebene Drehmoment $M+$ in % aufgetragen und zwar bezogen auf das bei der jeweiligen Lastvorgabe α vom Elektromotor 3 maximal abgebbare Drehmoment. Es ist zu sehen, daß mit steigender Restfahrstrecke RF das Drehmomentniveau, welches vom Elektromotor 3 zum Antrieb des Fahrzeuges beigesteuert wird, immer geringer wird.

Mit anderen Worten heißt dies, daß der vom Elektromotor 3 erbrachte Anteil an dem das Fahrzeug antreibenden Summenmoment (Summenmoment = Drehmoment des Dieselmotors 1 + Drehmoment des Elektromotors 3) bei jeder Fahrpedalstellung und bei jeder Drehzahl so bemessen ist, daß nach Zurücklegen der zuvor durch den Fahrer eingegebenen Restfahrstrecke RF der elektrische Energiespeicher 11 auf das vorgegebene Mindestmaß (Tiefstgrenze) entladen ist. Letzterer

kann dann nach zurückgelegter Restfahrstrecke RF an der stationären Energiequelle (Anschluß an das Stromnetz) wieder aufgeladen werden. Der Bedarf an Kraftstoff für den Dieselmotor 1 kann damit während des Zurücklegens dieser Restfahrstrecke RF auf ein Minimum reduziert werden und zwar gerade soviel, daß der Dieselmotor 1 eine Mindestbetriebstemperatur halten kann, welche im Hinblick auf die Wirksamkeit eines im Angasstrang gegebenenfalls angeordneten Katalysators oder/und im Hinblick auf eine Heizung des Fahrgastraumes ausreichend hoch ist.

Über den Ausgabeblock 45 (Fig. 2) werden schließlich je nach Kennlinie A, C oder D der Stellmotor 12 der Einspritzpumpe 9 und der Elektromotor 3 in entsprechender Weise angesteuert. Hieran im Anschluß verzweigt die Steuerung zurück zum Punkt 38 zur erneuten Eingabe der aktuellen Lastvorgabe α und Drehzahl n_g .

Die Erfindung ist nicht beschränkt auf einen, wie im Ausführungsbeispiel vorgesehen, Hybridantrieb paralleler Bauart (Verbrennungsmotor wirkt direkt auf die Antriebsachse). Es ist ebenso denkbar, einen Hybridantrieb serieller Bauart (Verbrennungsmotor wirkt nicht — wie beim Parallelhybridantrieb — direkt auf die Antriebsachse, sondern treibt einen separaten Generator an, welcher wiederum den Elektromotor mit elektrischer Energie versorgt sowie einen elektrischen Energiespeicher speist) gemäß der Erfindung zu steuern. Ebenso kann auch die Mischform dieser beiden Hybridantriebsarten, bei welcher der Verbrennungsmotor wahlweise entweder direkt auf die Antriebsachse des Fahrzeuges wirkt (parallel) oder entkoppelt von der Antriebsachse einen Generator zum Antrieb des Elektromotors antreibt (seriell), gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren gesteuert werden.

In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann im Schiebetrieb des Fahrzeuges (Fig. 3a) das Bremsmoment des Verbrennungsmotors durch ein Bremsmoment des Elektromotors ergänzt oder ersetzt werden; letzteres würde bedeuten, daß im Schiebetrieb die Kupplung zwischen Verbrennungsmotor und Elektromotor geöffnet werden würde.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung sorgt die elektronische Steuereinheit dafür, daß der elektrische Energiespeicher bei Dauervollgas gemäß der Fig. 3a nicht entleert wird, indem das elektrische Zusatzmoment nach ca. 15 Sekunden weich zurückgenommen wird (Rampe 10 Sekunden). Um aber bei durchgetretenem Fahrpedal am Berg auch noch nach 25 Sekunden das volle elektrische Zusatzmoment abrufen zu können, kann ein Kick-down-Schalter am Fahrpedal vorgesehen werden, der auch bei Dauervollgas den Elektromotor zuschaltet.

Auch kann vorgesehen werden, daß die elektronische Steuereinheit bei häufigen Beschleunigungshilfen durch den Elektromotor dafür sorgt, daß die dafür benötigte Ladung im unbeschleunigten Fahrbetrieb wieder in den elektrischen Energiespeicher zurückgespeist wird, um den vorhandenen oder einen vorgegebenen Ladezustand beizubehalten.

Außerdem ist es denkbar, bei einer Nachladung 90% der Kapazität des elektrischen Energiespeichers nicht zu überschreiten, außer bei Bremsrekuperation, weil oberhalb 90% Ladung der Ladewirkungsgrad wegen des erhöhten Innenwiderstandes des elektrischen Energiespeichers sinkt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung der Drehmomentabgabe eines aus einem Verbrennungsmotor und einem Elektromotor bestehenden, ein Fahrzeug antreibenden Hybridantriebes, bei welchem Verfahren das Fahrzeug entweder über den Verbrennungsmotor oder über den Elektromotor oder über den Verbrennungsmotor und dem Elektromotor zusammen angetrieben wird, dadurch gekennzeichnet, daß in denjenigen Betriebsbereichen, in denen der Elektromotor (3) am Antrieb des Fahrzeugs beteiligt ist, der Hybridantrieb im wesentlichen entsprechend der Charakteristik eines Verbrennungsmotors gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im ausschließlich elektromotorischen Betrieb der Elektromotor (3) im wesentlichen entsprechend der Charakteristik eines Verbrennungsmotors gesteuert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Hybridbetrieb bis hin zu einem vorgegebenen Grenzwert für die Lastvorgabe der Elektromotor (3) gemäß einer vorgegebenen Kennlinie (42, 43) im Generatorbereich betrieben wird, wobei das hierfür jeweils erforderliche Moment durch entsprechende Erhöhung des Drehmomentes des Verbrennungsmotors (1) bereitgestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Betrag des für den im Generatorbereich laufenden Elektromotor (3) abgezweigten Drehmomentes abhängig ist vom Ladezustand eines den Elektromotor (3) versorgenden elektrischen Energiespeichers (11) derart, daß mit wachsendem Entladungsfaktor (λ_i) das abgezweigte Drehmoment ansteigt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1, 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß im Hybridbetrieb oberhalb eines vorgegebenen Grenzwertes für die Lastvorgabe von dem Elektromotor (3) ein zusätzliches Antriebsmoment zur Verfügung gestellt wird, welches im wesentlichen linear mit der Lastvorgabe ansteigt.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der vom Elektromotor (3) erbrachte Anteil an dem der jeweiligen Lastvorgabe entsprechenden Summenmoment derart bemessen ist, daß nach Zurücklegen einer vorgebbaren Restfahrstrecke (RF) der den Elektromotor (3) versorgende elektrische Energiespeicher (11) auf ein vorgegebenes Mindestmaß (Tiefstgrenze) entladen ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß im Schiebetrieb des Fahrzeuges das Bremsmoment des Verbrennungsmotors durch ein Bremsmoment des Elektromotors ergänzt oder ersetzt wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

60

65

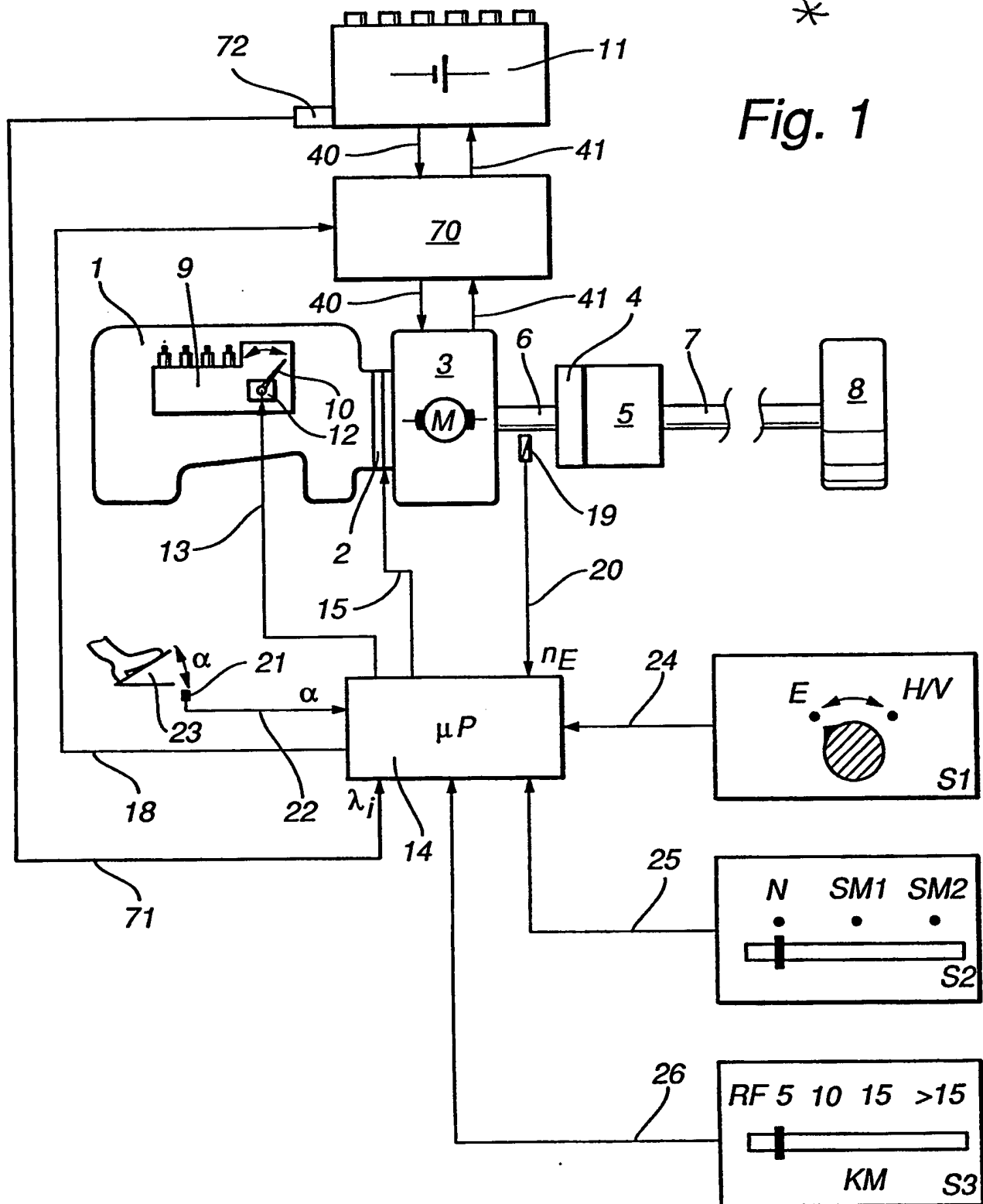


Fig. 2

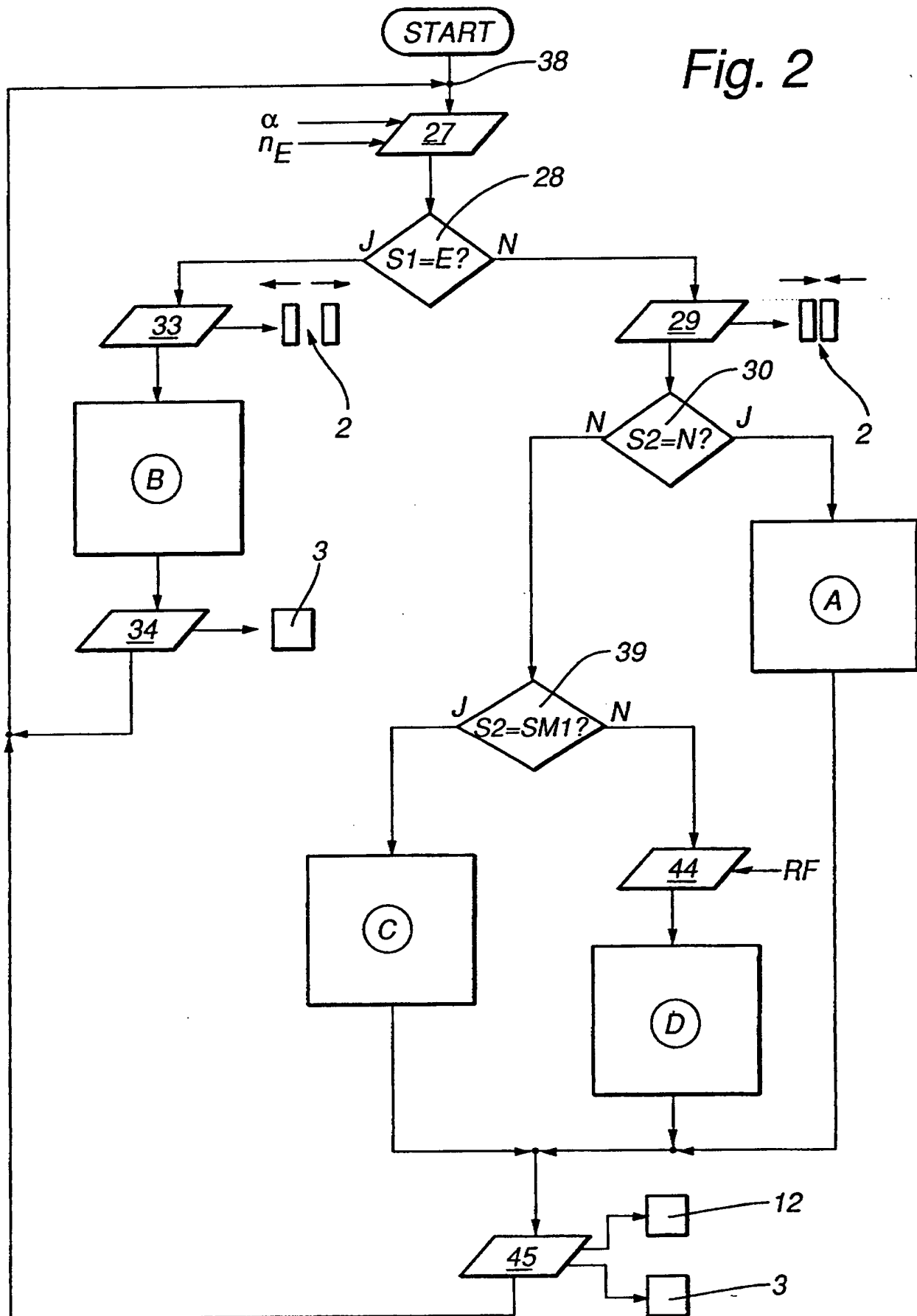


Fig. 3a

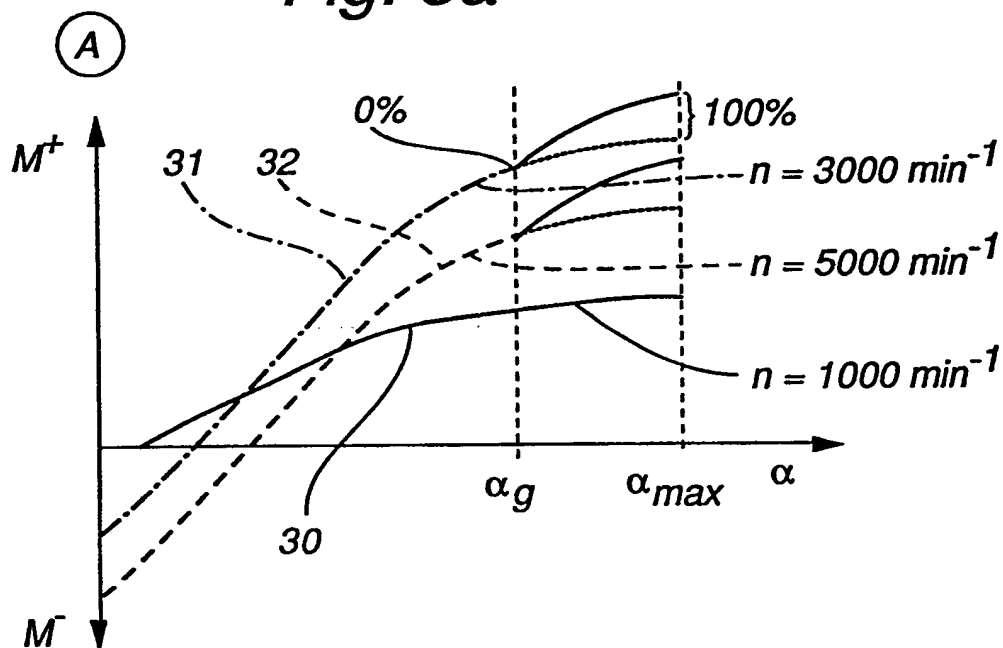


Fig. 3b

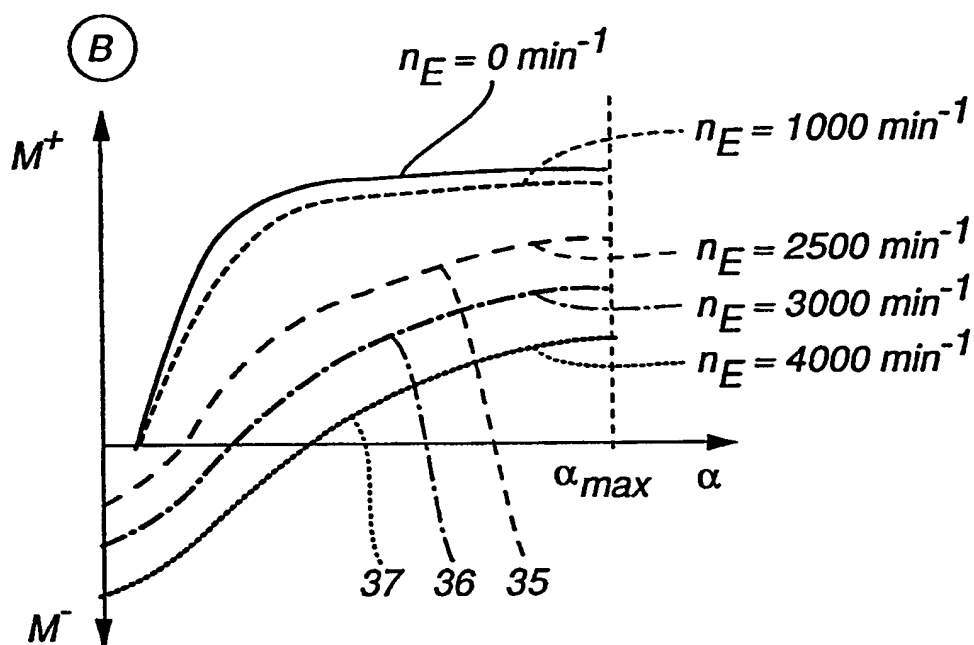


Fig. 3c

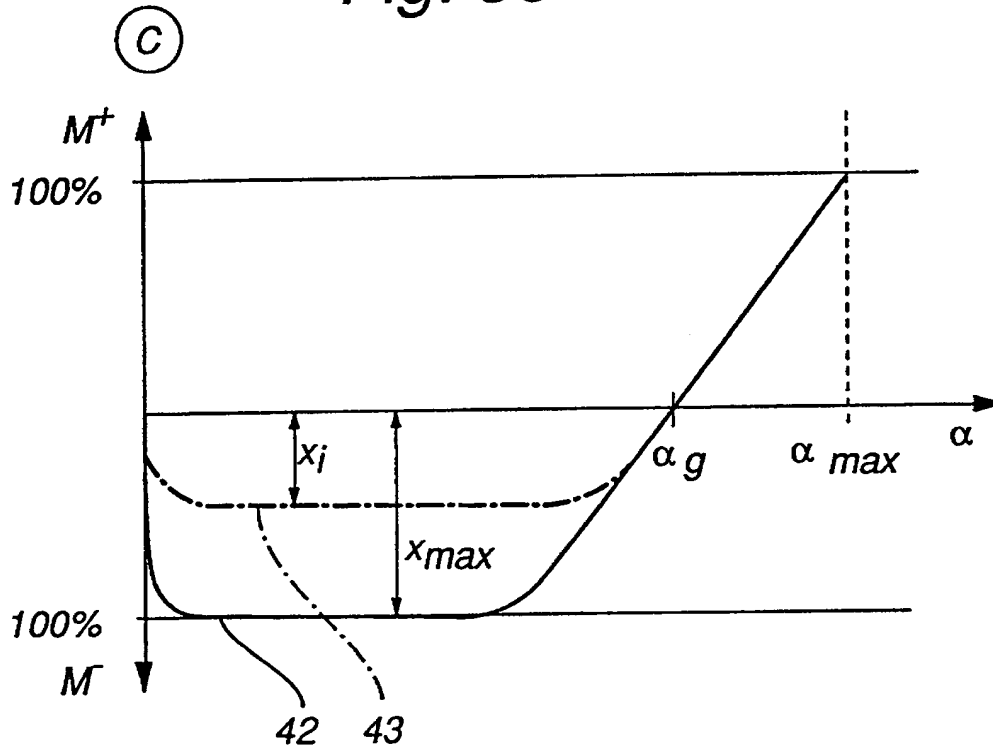
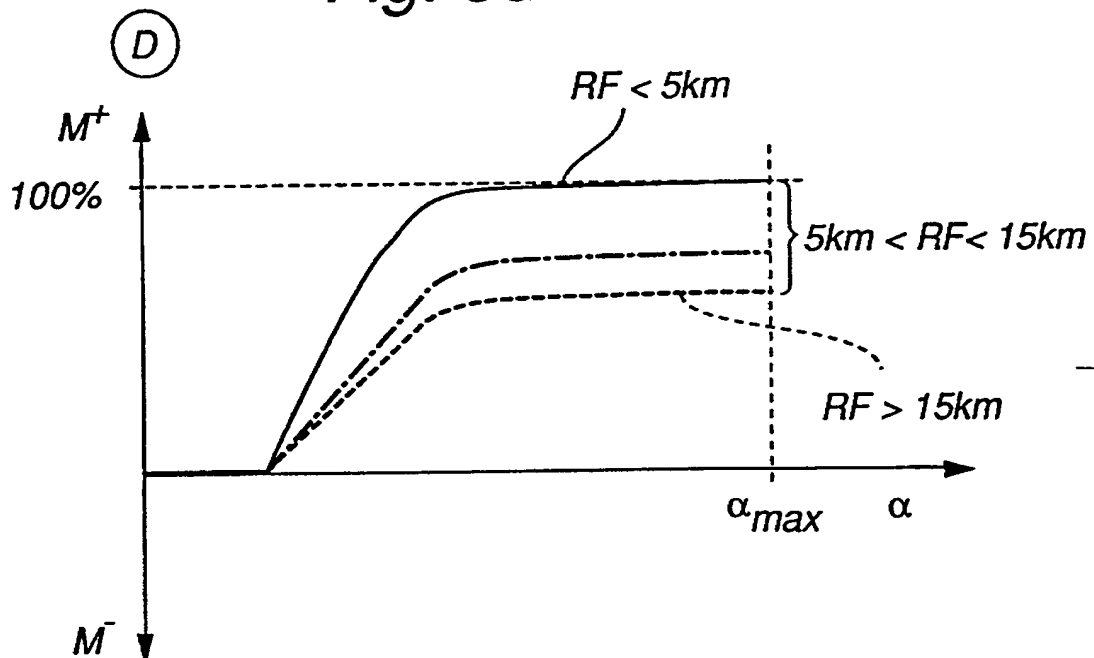


Fig. 3d



DERWENT-ACC-NO: 1995-053075
DERWENT-WEEK: 199508
COPYRIGHT 1999 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Torque control system for vehicle hybrid drive - has electric motor controlled in dependence on IC engine operating characteristic

INVENTOR: BOLL, W

PATENT-ASSIGNEE: MERCEDES-BENZ AG [DAIM]

PRIORITY-DATA: 1993DE-4324010 (July 17, 1993)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE
PAGES	MAIN-IPC	
DE 4324010 A1	January 19, 1995	N/A
010	B60K 041/28	
DE 4324010 C2	May 11, 1995	N/A
010	B60K 041/28	

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO
APPL-DATE		
DE 4324010A1	N/A	1993DE-4324010
July 17, 1993		

INT-CL (IPC): B60K006/02; B60K026/00 ; B60K041/00 ;
B60K041/28 ;
B60L011/00

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 4324010A

BASIC-ABSTRACT:

The control system allows the vehicle to be driven via the IC engine (1), the electric motor (3) or both. When the electric motor is utilised by the drive, the latter is controlled in accordance with the drive characteristics of an IC engine. The electric motor is operated initially in a generator mode with its output torque controlled in dependence on the charge level of the supply

battery (11).

Pref. the hybrid drive uses a diesel engine coupled via an electrically operated clutch (2) to an asynchronous electric motor, the motor output shaft (6) coupled to an automatic transmission (5) via a torque converter (4).

ADVANTAGE - Provides comfortable ride and improved fuel economy.

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 4324010C

EQUIVALENT-ABSTRACTS: The torque transmission of a hybrid drive, is controlled by an electric motor, in a motor vehicle consisting of an IC engine. This method can drive the vehicle either across the electric motor or across the engine or across the engine and the motor together.

During the driving operation and with the electric motor (3) taking part in the drive of the vehicle. The hybrid drive essentially is controlled corresp. to the torque characteristics of an IC engine, this also with an exclusively electric motor drive.

USE/ADVANTAGE -Hybrid gearboxes in I.C. engined vehicles. Improves driving comfort and reduces fuel consumption.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/3 Dwg.1/6

DERWENT-CLASS: Q13 Q14 X13 X21 X22

EPI-CODES: X13-G01A; X21-A01; X21-A02; X21-A04; X22-A20C; X22-G01; X22-P04;